

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2001-256988

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

---

(51)Int.Cl. H01M 8/04

H01M 8/10

---

(21)Application number : 2000-063852 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR  
CORP

(22)Date of filing : 08.03.2000 (72)Inventor : SANO SEIJI

HAMADA HITOSHI

TSUKANE TAKAHIDE

MATSUMOTO SHINICHI

---

(54) FUEL CELL SYSTEM AND FUEL CELL OPERATING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To successfully operate a fuel cell without humidifying the gas at anode and cathode sides.

SOLUTION: Calculations are made for the quantity of water  $Q_w$ , to be generated in a fuel cell 30 based on the output current  $I$  of the fuel cell 30 (S102) and for the quantities of saturated water vapor  $Q_{wa}$  and  $Q_{wc}$ , in the exhaust gas based on the flow rates  $Q_a$ ,  $Q_c$ , pressures  $P_a$  and  $P_c$  and temperatures  $T_a$  and  $T_c$  (S106) of the exhaust, at anode and cathode sides. The water quantity control ratio,  $t$ , is defined as  $t = Q_w / (Q_{wa} + Q_{wc})$  (S108) and the operation of the fuel cell is controlled by adjusting the flow rates,  $Q_a$  and  $Q_c$ , pressures  $P_a$  and  $P_c$  temperatures  $T_a$  and  $T_c$  and current  $I$  of the exhaust gas at the anode and cathode sides to the direction negating the deviation  $\Delta t$  of the water quantity control ratio  $t$  and value 1 (S112). Owing to the above control, the fuel cell can be

operated successfully without humidifying the gas at the anode and cathode sides.

---

**LEGAL STATUS** [Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and INPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] the generation which is the fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- the generation which detects amount of water -- amount of water -- with a detection means An amount detection means of exhaust gas saturated steam to detect the amount of saturated steam in the exhaust gas of said fuel cell, said generation -- amount of water -- the generation detected by the detection means -- with a water-flow-control ratio operation means to calculate the water-flow-control ratio as a ratio to the amount of saturated steam in the exhaust gas detected by said amount detection means of exhaust gas saturated steam of amount of water A fuel cell system equipped with the operation control means which controls operation of said fuel cell so that the calculated this water-flow-control ratio becomes predetermined within the limits.

[Claim 2] said generation -- amount of water -- a detection means -- the output

current of said fuel cell -- being based -- said generation -- the fuel cell system according to claim 1 which is a means to detect amount of water.

[Claim 3] Said amount detection means of exhaust-gas saturated steam is a fuel cell system according to claim 1 or 2 which is a means to by which have an exhaust-gas-pressure force detection means detect the pressure of said exhaust gas, an exhaust gas temperature detection means detect the temperature of said exhaust gas, and an amount detection means of emission detect the flow rate of said exhaust gas, and the operation based on the pressure, the temperature, and the flow rate of exhaust gas which were this detected detects the amount of saturated steam in said exhaust gas.

[Claim 4] A fuel cell system equipped with an exhaust gas relative humidity detection means to be the fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and to detect the relative humidity of the exhaust gas of said fuel cell, and the operation control means which controls operation of said fuel cell to become predetermined within the limits by making this detected relative humidity into a water-flow-control ratio.

[Claim 5] There is no claim 1 which is a means to control to become within the limits in which said water-flow-control ratio includes a value 1 as said predetermined range, and said operation control means is the fuel cell system of

[Claim 6] Said operation control means is a fuel cell system according to claim 5 which is a means to control so that said water-flow-control ratio becomes within the limits of 0.7-1.4 as said predetermined range.

[Claim 7] Said operation control means is a fuel cell system according to claim 5 or 6 which is a means to control so that said water-flow-control ratio serves as a value

1.

[Claim 8] There is no claim 1 and it is the fuel cell system of a publication 7 either. As operational status of said fuel cell It has a status-change means to change at least one condition of the flow rate of said exhaust gas, the pressure of said exhaust gas, the temperature of said exhaust gas, and the output current of said fuel cell. Said operation control means The fuel cell system which is a means to control said status-change means so that at least one condition of the flow rate of said exhaust gas, the pressure of said exhaust gas, the temperature of said exhaust gas, and the output current of said fuel cell changes and said water-flow-control ratio becomes predetermined within the limits.

[Claim 9] the generation which is the fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- the generation which detects amount of water -- amount of water -- a detection means, an exhaust-gas water-vapor-content detection means detect the water vapor content in the exhaust gas of said fuel cell, and said generation -- amount of

water -- the generation detected by the detection means -- a fuel cell system equipped with an abnormality judging means judge the abnormalities of a system based on amount of water and the water vapor content in the exhaust gas detected by said exhaust-gas water-vapor-content detection means.

[Claim 10] said abnormality judging means -- said detected generation -- the fuel cell system according to claim 9 which is a means to judge with abnormalities when there is no deflection of amount of water and the water vapor content in said exhaust gas in predetermined within the limits.

[Claim 11] The fuel cell system according to claim 9 or 10 equipped with an alarm-output means to output an alarm when it judges with said abnormality judging means being unusual.

[Claim 12] the generation which is the operating method of the fuel cell of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- the operating method of the fuel cell which controls operation of this fuel cell so that the water-flow-control ratio as a ratio to the amount of saturated steam in the exhaust gas of this fuel cell of amount of water becomes predetermined within the limits.

[Claim 13] The operating method of the fuel cell which is the operating method of the fuel cell of a solid-state macromolecule mold, and controls operation of this fuel cell to become predetermined within the limits by making relative humidity of

the exhaust gas of said fuel cell into a water-flow-control ratio.

[Claim 14] The operating method of the fuel cell according to claim 12 or 13 controlled so that said water-flow-control ratio becomes within the limits of 0.7-1.4.

[Claim 15] The operating method of the fuel cell according to claim 14 controlled so that said water-flow-control ratio serves as a value 1.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the operating method of the fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and the fuel cell of a solid-state macromolecule mold in detail about the operating method of a fuel cell system

and a fuel cell.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as this kind of a fuel cell system, what makes unnecessary the humidification equipment by the side of a cathode is proposed by controlling an operating temperature at about 70 degrees C

(JP,11-31520,A). In the fuel cell of a solid-state macromolecule mold, the moisture concentration of the solid-state polyelectrolyte film affects the engine performance of a fuel cell directly according to a damp or wet condition, using the solid-state polyelectrolyte film which has good proton conductivity in many cases. For this reason, anode gas and cathode gas which are supplied to a fuel cell are humidified with humidification equipment in many cases. In the above-mentioned fuel cell system, the humidification equipment by the side of a cathode is made unnecessary by operating preferably 50-80 degrees C of fuel cells at the temperature of 60-70 degrees C.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in an above-mentioned fuel cell system, since humidification equipment is required for an anode side even when the humidification equipment by the side of a cathode is unnecessary, miniaturization or low-cost-izing of a system cannot fully be attained. Moreover, in an above-mentioned system, since it is necessary to operate preferably 50-80 degrees C of fuel cells at the temperature of 60-70 degrees C, when it cannot operate in the temperature requirement, it cannot respond like the time of starting of a system, or a transient.

[0004] The fuel cell system of this invention and the operating method of a fuel cell set to make unnecessary the humidification equipment not only a cathode

side but by the side of an anode to one of the purposes. Moreover, the fuel cell system of this invention and the operating method of a fuel cell set for the time of starting of a system and a transient to also operate a fuel cell by no humidifying to one of the purposes.

[0005]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] The fuel cell system of this invention and the operating method of a fuel cell took the following means, in order to attain a part of above-mentioned purpose [ at least ].

[0006] the generation which the 1st fuel cell system of this invention is a fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- the generation which detects amount of water -- amount of water -- with a detection means An amount detection means of exhaust gas saturated steam to detect the amount of saturated steam in the exhaust gas of said fuel cell, said generation -- amount of water -- the generation detected by the detection means -- with a water-flow-control ratio operation means to calculate the water-flow-control ratio as a ratio to the amount of saturated steam in the exhaust gas detected by said amount detection means of exhaust gas saturated steam of amount of water Let it be a summary to have the operation control means which controls operation of said fuel cell so that the calculated this

water-flow-control ratio becomes predetermined within the limits.

[0007] the generation by which a water-flow-control ratio operation means is generated with a fuel cell in the 1st fuel cell system of this invention -- the water-flow-control ratio as a ratio to the amount of saturated steam in the exhaust gas of the fuel cell of amount of water is calculated, and an operation control means controls operation of a fuel cell so that this calculated water-flow-control ratio becomes predetermined within the limits. According to the fuel cell system of such this invention, a fuel cell can be operated, without humidifying cathode gas and anode gas by operating a fuel cell so that a water-flow-control ratio may become predetermined within the limits. And since a water-flow-control ratio is not dependent only on the temperature of exhaust gas, the time of starting of a system and a transient can also respond. Here, the both sides of the exhaust gas by the side of a cathode and the exhaust gas by the side of an anode are included in "the exhaust gas of a fuel cell."

[0008] the 1st fuel cell system of such this invention -- setting -- said generation -- amount of water -- a detection means -- the output current of said fuel cell -- being based -- said generation -- it shall be a means to detect amount of water In the 1st fuel cell system of this invention moreover, said amount detection means of exhaust gas saturated steam An exhaust-gas-pressure force detection means to detect the pressure of said exhaust gas, and an exhaust gas temperature

detection means to detect the temperature of said exhaust gas, It shall be a means by which have an amount detection means of emission to detect the flow rate of said exhaust gas, and the operation based on the pressure, the temperature, and the flow rate of exhaust gas which were this detected detects the amount of saturated steam in said exhaust gas.

[0009] The 2nd fuel cell system of this invention is a fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and makes it a summary to have an exhaust gas relative humidity detection means to detect the relative humidity of the exhaust gas of said fuel cell, and the operation control means which controls operation of said fuel cell to become predetermined within the limits by making this detected relative humidity into a water-flow-control ratio.

[0010] An operation control means controls operation of a fuel cell by the 2nd fuel cell system of this this invention to become predetermined within the limits by making into a water-flow-control ratio relative humidity of the exhaust gas of the fuel cell detected by the exhaust gas relative humidity detection means. A fuel cell can be operated in the 2nd fuel cell system of such this invention, without humidifying cathode gas and anode gas by operating a fuel cell so that it may become predetermined within the limits by making relative humidity of exhaust gas into a water-flow-control ratio. And since it does not depend for the relative humidity of exhaust gas only on the temperature of exhaust gas, the time

of starting of a system and a transient can also respond. Here, the both sides of the exhaust gas by the side of a cathode and the exhaust gas by the side of an anode are included in "the exhaust gas of a fuel cell."

[0011] In the 1st of these this inventions, or the 2nd fuel cell system, said operation control means shall be a means to control to become within the limits in which said water-flow-control ratio includes a value 1 as said predetermined range, or Said operation control means shall be a means to control so that said operation control means shall be a means to control so that said water-flow-control ratio becomes within the limits of 0.7-1.4 as said predetermined range or said water-flow-control ratio serves as a value 1.

[0012] In the 1st of this invention, or the 2nd fuel cell system, it has a status-change means to change at least one condition of the flow rate of said exhaust gas, the pressure of said exhaust gas, the temperature of said exhaust gas, and the output current of said fuel cell as operational status of said fuel cell. Moreover, said operation control means It shall be a means to control said status-change means so that at least one condition of the flow rate of said exhaust gas, the pressure of said exhaust gas, the temperature of said exhaust gas, and the output current of said fuel cell is changed and said water-flow-control ratio becomes predetermined within the limits. Since a water-flow-control ratio is dependent on the flow rate of exhaust gas, the

pressure of exhaust gas, the temperature of exhaust gas, and the output current of a fuel cell, it can operate a fuel cell, without being able to control a water-flow-control ratio and humidifying cathode gas and anode gas by changing these at least one condition.

[0013] the generation which the 3rd fuel cell system of this invention is a fuel cell system of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- the generation which detects amount of water -- amount of water -- with a detection means An exhaust gas water vapor content detection means to detect the water vapor content in the exhaust gas of said fuel cell, said generation -- amount of water -- the generation detected by the detection means -- let it be a summary to have an abnormality judging means to judge the abnormalities of a system based on amount of water and the water vapor content in the exhaust gas detected by said exhaust gas water vapor content detection means.

[0014] the 3rd fuel cell system of this this invention -- an abnormality judging means -- generation -- amount of water -- the generation generated with the fuel cell detected by the detection means -- the abnormalities of a system are judged based on amount of water and the water vapor content in the exhaust gas of the fuel cell detected by the exhaust gas water vapor content detection means. the case where this judgment is operated without humidifying cathode gas and anode gas -- generation -- it is based on amount of water and the water vapor

content in exhaust gas becoming almost equal. According to the 3rd fuel cell system of such this invention, the abnormalities of a system can be judged.

[0015] the 3rd fuel cell system of such this invention -- setting -- said abnormality judging means -- said detected generation -- when there is no deflection of amount of water and the water vapor content in said exhaust gas in predetermined within the limits, it shall be a means to judge with abnormalities

[0016] Moreover, in the 3rd fuel cell system of this invention, when it judges with said abnormality judging means being unusual, it shall have an alarm-output means to output an alarm. If it carries out like this, an operator can recognize the abnormalities of a system quickly.

[0017] the generation which the operating method of the 1st fuel cell of this invention is an operating method of the fuel cell of a solid-state macromolecule mold, and is generated with said fuel cell -- let it be a summary to control operation of this fuel cell so that the water-flow-control ratio as a ratio to the amount of saturated steam in the exhaust gas of this fuel cell of amount of water becomes predetermined within the limits.

[0018] According to the operating method of the fuel cell of this this invention, a fuel cell can be operated, without humidifying cathode gas and anode gas. And since a water-flow-control ratio is not dependent only on the temperature of exhaust gas, the time of starting of a system and a transient can also respond.

Here, the both sides of the exhaust gas by the side of a cathode and the exhaust gas by the side of an anode are included in "the exhaust gas of a fuel cell."

[0019] It is the operating method of the 2nd fuel cell of this invention, and it is the operating method of the fuel cell of a solid-state macromolecule mold, and let it be a summary to control operation of this fuel cell to become predetermined within the limits by making relative humidity of the exhaust gas of said fuel cell into a water-flow-control ratio.

[0020] According to the operating method of the 2nd fuel cell of this invention, a fuel cell can be operated, without humidifying cathode gas and anode gas. And since it does not depend for the relative humidity of exhaust gas only on the temperature of exhaust gas, the time of starting of a system and a transient can also respond. Here, the both sides of the exhaust gas by the side of a cathode and the exhaust gas by the side of an anode are included in "the exhaust gas of a fuel cell."

[0021] In the operating method of the 1st or 2nd fuel cell of these inventions, it shall control so that said water-flow-control ratio becomes within the limits of 0.7-1.4, or it shall control so that said water-flow-control ratio serves as a value 1.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of operation of this invention is explained using an example. Drawing 1 is the block diagram showing the outline

of the configuration of the fuel cell system 20 which is one example of this invention. The fuel cell system 20 of an example is equipped with the fuel cell 30 of the solid-state macromolecule mold which generates the hydrogen from the hydrogen source of supply 22, and the oxygen from an oxygen supply 24 as a fuel, the cooling system 40 which cools this fuel cell 30, the load 54 driven with the power from a fuel cell 30, and the electronic control unit 60 which controls the whole system so that it may illustrate.

[0023] The hydrogen source of supply 22 is a source of supply which can be supplied to a fuel cell 30 about the hydrogen content gas containing hydrogen, for example, the reforming machine which generates hydeogen-rich gas by steam reforming corresponds the hydrogen tank with which it filled up with hydrogen, and a methanol. An oxygen supply 24 is a source of supply which can be supplied to a fuel cell 30 about the oxygen content gas containing oxygen, for example, Blois which supplies air as oxygen content gas corresponds. In addition, in the fuel cell system 20 of an example, the humidification equipment which humidifies the hydrogen content gas from the hydrogen source of supply 22 and the oxygen content gas from an oxygen supply 24 is not formed.

[0024] A fuel cell 30 is a polymer electrolyte fuel cell constituted by carrying out two or more laminatings of the cell 31. The outline of the configuration of the cell 31 which constitutes a fuel cell 30 in drawing 2 is shown. The electrolyte

membrane 32 which is the membrane of proton conductivity formed of polymeric materials, such as fluororesin, as a cell 31 is illustrated, The anode 33 and cathode 34 as a gas diffusion electrode which are formed of the carbon cross which the catalyst of the alloy which consists of platinum or platinum, and other metals scoured, and was loaded with it, pinch an electrolyte membrane 32 in respect of the catalyst having scoured and having been put, and constitute sandwich structure, It is constituted by two separators 35 which make the septum between the cells 31 which adjoin while forming the passage 36 and 37 of hydrogen content gas or oxygen content gas with an anode 33 and a cathode 34, inserting this sandwich structure from both sides. In addition, although not illustrated, the passage of the cooling medium for cooling a fuel cell 30 is also established in the cell 31.

[0025] The amount of supply of the hydrogen content gas from the hydrogen source of supply 22 to a fuel cell 30 and the amount of supply of the oxygen content gas from an oxygen supply 24 can be adjusted now by the control-of-flow bulbs 26 and 27, and the gas pressure in a fuel cell 30 can be adjusted now by the gas pressure control bulbs 28 and 29 attached in the exhaust gas side. In this way, if hydrogen content gas is supplied to passage 37 from an oxygen supply 24 while hydrogen content gas is supplied to passage 36 from the hydrogen source of supply 22, electrode reaction shown in a degree

type (1) and a formula (2) in an anode 33 and a cathode 34 will be performed, and chemical energy will be changed into direct electrical energy.

[0026]



[0027] A cooling system 40 is equipped with the circulating flow way 42 which is connected with the passage of a cooling medium (for example, water) established in the cell 31 of a fuel cell 30, and circulates through a cooling medium, the circulating pump 44 made to circulate through a cooling medium in the circulating flow way 42, and the heat exchanger 46 which cools a cooling medium by the open air, cools the heat generated with a fuel cell 30 by the open air by mediation of a cooling medium, and can perform now temperature control of a fuel cell 30. In addition, temperature control of a fuel cell 30 is performed by adjusting the flow rate of the cooling medium circulated with a circulating pump 44.

[0028] It connects through the output terminal and the current control circuit 52 of a fuel cell 30, and a load 54 is driven with the power generated by the fuel cell 30. In addition, in the example, as a load 54, drivers, such as a motor, are contained and also a rechargeable battery etc. is contained. The current control circuit 52 is a circuit which can adjust the current impressed to a load 54, and

changes a current value with the control signal from an electronic control unit 60.

[0029] The electronic control unit 60 is constituted as a microprocessor centering on CPU62, and is equipped with ROM64 which memorized the processing program other than CPU62, RAM66 which memorizes data temporarily, and input/output port (not shown). The amount  $Q_a$  of emission by the side of the anode from the flowmeter 72 formed in exhaust gas piping by the side of the anode 33 of a fuel cell 30 at the electronic control unit 60, a pressure gage 74, and a thermometer 76, the exhaust-gas-pressure force  $P_a$ , and the exhaust gas temperature  $T_a$ . The current  $I$  from the ammeter 56 attached in the output terminal of the amount  $Q_c$  of emission by the side of the cathode from the flowmeter 82 formed in exhaust gas piping by the side of a cathode 34, a pressure gage 84, and a thermometer 86, the exhaust-gas-pressure force  $P_c$ , the exhaust gas temperature  $T_c$ , and a fuel cell 30 etc. is inputted through input port. Moreover, from the electronic control unit 60, the driving signal to a circulating pump 44, the driving signal to the actuators 26a and 27a of the control-of-flow bulbs 26 and 27, the driving signal to the actuators 28a and 29a of the gas pressure control bulbs 28 and 29, the control signal to the current control circuit 52, the lighting signal to an indicator 90, etc. are outputted through the output port.

[0030] Next, actuation of the fuel cell system 20 of the example constituted in

this way, especially operation actuation of a fuel cell 30 are explained. Drawing 3

is a flow chart which shows an example of the operation control routine of the fuel cell 30 performed with the electronic control unit 60 of the fuel cell system 20 of an example. This routine is repeatedly performed for every (every [ for example, ] 100msec) predetermined time, after a fuel cell 30 starts.

[0031] If this operation control routine is performed, CPU62 of an electronic control unit 60 will first perform processing which reads the exhaust-gas-pressure force Pa and Pc from the amounts Qa and Qc of emission and pressure gages 74 and 84 from flowmeters 72 and 82, the exhaust gas temperature Ta and Tc from thermometers 76 and 86, and the current I from an ammeter 56 (step S100). and the amount of the water generated by per unit time amount with a fuel cell 30 based on the read current I, i.e., generation, -- amount of water Qw is calculated by the degree type (3) (step S102). Here, "F" in a formula (3) is a Faraday constant.

[0032]

[Equation

1]

$$Q_w = \frac{I}{2F} \quad \dots \quad (3)$$

[0033] Next, using the read exhaust gas temperature  $T_a$  and  $T_c$ , based on a degree type (4), the maximum vapor tension  $P_{wa}$  and  $P_{wc}$  by the side of an anode and a cathode is calculated (step S104), and the amounts  $Q_{wa}$  and  $Q_{wc}$  of saturated steam in the exhaust gas by the side of an anode and a cathode are calculated by the formula (5) using the obtained maximum vapor tension  $P_{wa}$  and  $P_{wc}$ , the read amounts  $Q_a$  and  $Q_c$  of emission, and the exhaust-gas-pressure force  $P_a$  and  $P_c$  (step S106). In addition, among a formula (4),  $P_w(a, c)$  shows  $P_{wa}$  or  $P_{wc}$  as maximum vapor tension, and  $T(a, c)$  shows  $T_a$  or  $T_c$  as exhaust gas temperature. Moreover, among a formula (5),  $Q_w(a, c)$  shows  $Q_{wa}$  or  $Q_{wc}$  as an amount of saturated steam in exhaust gas, and  $Q(a, c)$  shows  $Q_a$  or  $Q_c$  as an amount of emission.

[0034]

[Equation

2]

$$P_w(a, c) = 0.4552 - 0.0004757(T(a, c) - 160)$$

$$- 0.000000685(T(a, c) - 160)^2 \dots \dots (4)$$

$$Q_w(a, c) = \frac{P_w(a, c)}{P(a, c) - P_w(a, c)} \times Q(a, c) \dots (5)$$

[0035] then, the generation calculated at step S102 -- while calculating the

water-flow-control ratio t by the degree type (6) with the amounts Qwa and Qwc of saturated steam in the exhaust gas by the side of the anode calculated at amount of water Qw and step S106, and a cathode (step S108), deflection deltat of the water-flow-control ratio t and a value 1 is calculated (step S110). And the operation control of the fuel cell 30 is carried out in the direction in which deflection deltat is negated (step S112), and this routine is ended. The relation between the water-flow-control ratio t and operation of a fuel cell 30 is explained below.

[0036]

[Equation

3]

$$t = \frac{Q_w}{Q_{wa} + Q_{wc}} \cdots (6)$$

[0037] Drawing 4 is a graph which shows an example of the relation between the water-flow-control ratio t when making current density of a fuel cell 30 into constant value (0.5 A/cm<sup>2</sup>), and the generated voltage in a fuel cell 30. No.1-No.5 are experiment No. of degree table 1 among drawing. That is, the graph of drawing 4 points at the data obtained in the experiment of Table 1, and explains that predetermined relation can be found out to the water-flow-control

ratio t and the generated voltage of a fuel cell 30 in spite of experiment [ which ].

Each experiment in Table 1 was conducted by taking data, when it was operated within suitable limits and 30 minutes passed about each actuation factor, after setting up the fixed factor of the \*\*\* right column using what adjusted the amount of catalysts, using ion exchange membrane with a thickness of 30 micrometers as an electrolyte membrane 32 so that it might become an anode 33 and a cathode 34 with 0.3 mg/cm<sup>2</sup> and 0.5 mg/cm<sup>2</sup>, respectively. For example, in experiment No.1, the hydrogen flow rate was fixed with 54 cc/min, the operating temperature of 80 degrees C, and 1kg/cm<sup>2</sup> of gas pressure, and the air flow rate was sequentially operated from 150 cc/min to 420 cc/min. As shown in the graph of drawing 4, in experiment No.1, the data of five points are obtained for the water-flow-control ratio t in 0.4-1.2. The same is said of experiment

No.2-5.

[0038]

[Table

1]

実験No.	操作要因	固定要因
1	空気流量(150→420cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度80°C ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
2	水素流量(54→300cc/min)	空気流量150cc/min 運転温度80°C ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
3	空気流量(400→1150cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度60°C ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
4	運転温度(60→80°C) (60→50°C)	水素流量54cc/min 空気流量420cc/min ゲージ圧1kg/cm <sup>2</sup>
5	空気流量(180→340cc/min)	水素流量54cc/min 運転温度80°C ゲージ圧0.5kg/cm <sup>2</sup>

[0039] As shown in the graph of drawing 4, even if it changes the operational status of a fuel cell 30, the relation shown in the graph of drawing 4 between the water-flow-control ratio  $t$  and a generated voltage is obtained. In 0.6 or less field, the engine performance of a fuel cell 30 falls [ the water-flow-control ratio  $t$  ] rapidly among this relation. If this is considered from the definition of the water-flow-control ratio  $t$ , it will be considered to originate in desiccation of an electrolyte membrane 32. On the other hand, the engine performance of a fuel cell 30 will fall, if the water-flow-control ratio  $t$  exceeds 1.4. This is considered to be based on over-humid [ of an electrolyte membrane 32 ]. Therefore, if a fuel cell 30 is operated so that the water-flow-control ratio  $t$  may become within the limits of 0.7-1.4, the good cell engine performance is securable. If a fuel cell 30 is especially operated so that the water-flow-control ratio  $t$  may become a value 1, a fuel cell 30 can be operated as more highly efficient operational status. The reason for carrying out the operation control of the fuel cell 30 in the direction in which deflection  $\Delta t$  of the water-flow-control ratio  $t$  and a value 1 is negated by the above at steps S110 and S112 in the operation control routine of drawing 3 was explained. Next, an actual operation control is explained.

[0040] If it assumes now that it is what operates an anode and cathode side on the completely same conditions (i.e., if it assumes that they are  $Q_a=Q_c$ ,  $P_a=P_c$ , and  $T_a=T_c$ ), since it will become  $P_{wa}=P_{wc}$ , under this assumption, the

water-flow-control ratio t is expressed with a formula (7) by substituting a formula

(3) and a formula (5) for a formula (6).

[0041]

[Equation

4]

$$t = \frac{I/2F \times (P_a + P_{wa})}{2 P_{wa} Q_a} \dots \dots (7)$$

[0042] If the exhaust-gas-pressure force Pa, maximum vapor tension Pwa, and the amount Qa of emission are fixed from this relation, since the water-flow-control ratio t is proportional to Current I, the relation of the water-flow-control ratio t and Current I which are illustrated to drawing 5 will be obtained. Moreover, if Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa, and maximum vapor tension Pwa are fixed, since the water-flow-control ratio t is in inverse proportion to the amount Qa of emission, the relation of the water-flow-control ratio t and the amount Qa of emission which are illustrated to drawing 6 will be obtained. Similarly, if Current I, maximum vapor tension Pwa, and the amount Qa of emission are fixed, since the water-flow-control ratio t is proportional to the exhaust-gas-pressure force Pa, the relation of the water-flow-control ratio t and the exhaust-gas-pressure force Pa which are illustrated to drawing 7 will be obtained. If Current I, the exhaust-gas-pressure

force Pa, and the amount Qa of emission are fixed, the water-flow-control ratio t is in inverse proportion to maximum vapor tension Pwa. Since maximum vapor tension Pwa is the secondary function of the exhaust gas temperature Ta, the water-flow-control ratio t will be in inverse proportion to the cube of the exhaust gas temperature Ta, and the relation of the water-flow-control ratio t and the exhaust gas temperature Ta which are illustrated to drawing 8 is obtained. Therefore, the water-flow-control ratio t can be adjusted by adjusting Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa, the amount Qa of emission, or the exhaust gas temperature Ta. Of course, the water-flow-control ratio t can be adjusted also by adjusting two, Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa, the amount Qa of emission, and the exhaust gas temperature Ta, or more. These relation is materialized when it assumes that it is what operates an anode and cathode side on the completely same conditions, but even when the inclination of this relation has an independent anode and cathode side respectively, it is materialized.

[0043] Therefore, the operation control of the fuel cell 30 in step S112 of the operation control routine of drawing 3 can be performed by adjusting one of Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa and Pc, the amounts Qa and Qc of emission, and the exhaust gas temperature Ta and Tc, or two or more. What is necessary is just to set about which element is actually adjusted according to the operational status of a fuel cell 30, or the drive condition of a load 54. For

example, what is necessary is just to adjust with elements other than Current I, when the current I impressed to a load 54 wants to change. What is necessary is just to adjust Current I in the control at the time of starting of a fuel cell 30, so that it may illustrate to drawing 9, and the water-flow-control ratio t may become a value 1 with the rise of the exhaust gas temperature Ta and Tc. The fuel cell 30 is smoothly put into operation by this control so that drawing 9 may show.

[0044] In addition, accommodation of each element can be performed as follows. The current control circuit 52 can perform accommodation of Current I, and accommodation of the opening of the gas pressure control bulbs 28 and 29 can perform accommodation of the exhaust-gas-pressure force Pa and Pc. Moreover, accommodation of the opening of the control-of-flow bulbs 26 and 27 can perform accommodation of the amounts Qa and Qc of emission, and accommodation of the flow rate of the cooling medium by the circulating pump 44 can perform accommodation of the exhaust gas temperature Ta and Tc. Therefore, what is necessary is just to carry out drive control of the current control circuit 52, the control-of-flow bulbs 26 and 27, the gas pressure control bulbs 28 and 29, and the circulating pump 44 according to the operational status of a fuel cell 30, or the drive condition of a load 54.

[0045] According to the fuel cell system 20 of an example explained above, the operation control of the fuel cell 30 can be carried out in the good condition,

without humidifying hydrogen content gas and oxygen content gas based on the water-flow-control ratio  $t$ . That is, a fuel cell 30 can be operated in the highly efficient condition by controlling the water-flow-control ratio  $t$  within the limits of 0.7-1.4, and controlling so that the water-flow-control ratio  $t$  becomes a value 1 preferably.

[0046] the fuel cell system 20 of an example -- the operation control routine of drawing 3 -- setting -- generation -- although shall calculate amount of water  $Q_w$ , maximum vapor tension  $P_{wa}$  and  $P_{wc}$  shall be calculated, the amounts  $Q_{wa}$  and  $Q_{wc}$  of saturated steam in exhaust gas shall be calculated and the water-flow-control ratio  $t$  shall be further calculated using these, it is good also as what calculates the water-flow-control ratio  $t$  immediately.

[0047] Although operation of a fuel cell 30 shall be controlled by the fuel cell system 20 of an example in the direction in which deflection  $\Delta t$  of the water-flow-control ratio  $t$  and a value 1 is negated, it is good also as what carries out the operation control of the fuel cell 30 so that the water-flow-control ratio  $t$  may become within the limits of 0.7-1.4.

[0048] Next, fuel cell system 20B as the 2nd example of this invention is explained. Drawing 10 is the block diagram showing the outline of the configuration of fuel cell system 20B of the 2nd example. Fuel cell system 20B of the 2nd example is carrying out the same configuration as the fuel cell system 20

of the 1st example except for the point equipped with the hygrometers 79 and 89 which detect relative humidity rhoa of a point equipped with the heaters 77 and 87 which heat the exhaust gas by the side of an anode and a cathode, a point equipped with the thermometers 78 and 88 which detect the temperature Tha and Thc of the heated exhaust gas, and the heated exhaust gas, and rhohc so that it may illustrate. In order to exclude duplication of explanation, among the configurations of fuel cell system 20B of the 2nd example, about the same configuration as the fuel cell system 20 of the 1st example, the same sign is attached and the explanation is omitted. In addition, the heaters 77 and 87 with which fuel cell system 20B of the 2nd example is equipped are constituted as a ribbon heater attached in exhaust gas piping.

[0049] In this way, in fuel cell system 20B of the 2nd constituted example, the operation control routine illustrated to drawing 11 with an electronic control unit 60 is performed. When this routine is performed, CPU62 of an electronic control unit 60 first Relative humidity rhoa of the exhaust-gas-pressure force Pa and Pc from the amounts Qa and Qc of emission and pressure gages 74 and 84 from flowmeters 72 and 82, the exhaust gas temperature Ta and Tc from thermometers 76 and 86, the exhaust gas temperature Tha and Thc after heating from thermometers 78 and 88, and the exhaust gas after heating from hygrometers 79 and 89, rhohc and processing which reads the current I from an

ammeter 56 are performed (step S200). And processing which changes relative humidity rho<sub>a</sub> of the exhaust gas after read heating and rho<sub>c</sub> into relative humidity rho<sub>a</sub> in the exhaust gas temperature Ta and Tc and rho<sub>c</sub> is performed (step S202). Exhaust gas is heated with heaters 71 and 81, relative humidity rho<sub>a</sub> and rho<sub>c</sub> are detected here, and these are changed into relative humidity rho<sub>a</sub> in the exhaust gas temperature Ta and Tc, and rho<sub>c</sub> for detecting the case where the amount of water in exhaust gas has become fog-like exceeding the amount of saturated steam. That is, it is for evaporating fog-like water with heating and detecting as relative humidity. For this reason, relative humidity rho<sub>a</sub> in the changed exhaust gas temperature Ta and Tc and rho<sub>c</sub> may become a value exceeding 100%.

[0050] Next, relative humidity rho<sub>a</sub> in the changed exhaust gas temperature Ta and Tc and rho<sub>c</sub> are changed into the water-flow-control ratio t (step S204). The time of the anode and cathode side being operated on the same conditions, and rho a=rho b being materialized now, is considered. since the water generated is discharged as a steam in exhaust gas when not humidifying the oxygen content gas supplied from the hydrogen content gas supplied from the hydrogen source of supply 22, or an oxygen supply 24 with humidification equipment -- generation -- amount of water Qw becomes equal to the water vapor content in exhaust gas. generation of as opposed to [ relative humidity is a water vapor content to the

amount of saturated steam in the temperature in exhaust gas, and ] the amount of saturated steam in exhaust gas in the water-flow-control ratio t -- since it is amount of water Qw -- the case of non-humidified operation -- generation -- if it takes into consideration that amount of water Qw and the water vapor content in exhaust gas are equal, the water-flow-control ratio t will become equal to relative humidity. Therefore, the conversion to the water-flow-control ratio t of relative humidity rhoa in step S204 and rhoc distributes relative humidity rhoa and rhoc by flow rate, and should just add them. Namely, what is necessary is just to calculate by the degree type (8).

[0051]

[Equation

5]

$$t = \frac{P_a Q_a + P_c Q_c}{Q_a + Q_c} \dots (8)$$

[0052] If the water-flow-control ratio t is calculated, deflection deltat of the water-flow-control ratio t and a value 1 will be calculated (step S206), the operation control of the fuel cell 30 will be carried out in the direction in which deflection deltat is negated (step S208), and this routine will be ended. It mentioned above about the reason for carrying out the operation control of the fuel cell 30 in the direction in which deflection deltat is negated.

[0053] According to fuel cell system 20B of the 2nd example explained above, the operation control of the fuel cell 30 can be carried out in the good condition, without humidifying hydrogen content gas and oxygen content gas based on the relative humidity of the exhaust gas of a fuel cell 30. That is, a fuel cell 30 can be operated in the highly efficient condition by controlling within the limits of 0.7-1.4 by making relative humidity into the water-flow-control ratio t, and controlling so that the water-flow-control ratio t becomes a value 1 (relative humidity is 100%) preferably.

[0054] the time of operating a fuel cell 30, without humidifying hydrogen content gas and oxygen content gas, as mentioned above -- generation -- amount of water Qw and the water vapor content Qg in exhaust gas become equal. therefore, generation -- amount of water Qw and a water vapor content Qg are measured, and the abnormalities of a system can also be judged by the size. An example of the abnormality judging manipulation routine performed by drawing 12 with the fuel cell system 20 of the 1st example or the electronic control unit 60 of fuel cell system 20B of the 2nd example is shown.

[0055] if this abnormality judging manipulation routine is performed -- CPU62 of an electronic control unit 60 -- first -- the amounts Qa and Qc of emission, the exhaust-gas-pressure force Pa and Pc and the exhaust gas temperature Ta and Tc, the exhaust gas temperature Tha and Thc after heating, relative humidity

rhoha after heating, rhohc, and Current I -- reading (step S300) -- generation -- while calculating amount of water Qw (step S302), a water vapor content Qg is calculated (step S304). and generation -- amount of water Qw, a water vapor content Qg, and deflection deltaQ are calculated (step S306), and the absolute value of deflection deltaQ is compared with a threshold Qref (step S308). here -- a threshold Qref -- generation -- it is set up as range permissible to the deflection of amount of water Qw and a water vapor content Qg, and is set according to a scale, a class, etc. of fuel cell 30.

[0056] It judges with it being unusual when the absolute value of deflection deltaQ is larger than a threshold Qref, and an indicator 90 is turned on (step S310), when the absolute value of deflection deltaQ is below the threshold Qref, it judges that he has no abnormalities and this routine is ended. here -- generation -- when it is larger than a water vapor content Qg and amount of water Qw becomes [ the absolute value of deflection deltaQ ] larger than a threshold Qref, the leak has arisen from piping etc. or instruments are damaged in many cases. moreover, generation -- when it is smaller than a water vapor content Qg and amount of water Qw becomes [ the absolute value of deflection deltaQ ] larger than a threshold Qref, instruments are damaged in many cases.

In the abnormality judging manipulation routine of an example, when such abnormalities are judged and it judges with it being unusual, an indicator 90 is

turned on and the operator is told about abnormalities. thus -- the abnormality judging manipulation routine of an example -- generation -- the abnormalities of a system can be judged based on amount of water  $Q_w$  and a water vapor content  $Q_g$ . And since an indicator 90 is turned on at the time of abnormalities, an operator can know the abnormalities of a system quickly.

[0057] the abnormality judging manipulation routine of an example -- generation -- although the absolute value of deflection  $\Delta Q$  of amount of water  $Q_w$  and a water vapor content  $Q_g$  was compared with the threshold  $Q_{ref}$ , it is good also as a thing [ the threshold of a forward value, and the threshold of a negative value /  $Q$  / deflection  $\Delta$ ]. In this case, even if the magnitude of the threshold of a negative value is not the same as the magnitude of the threshold of a forward value, it does not interfere.

[0058] As mentioned above, although the gestalt of operation of this invention was explained using the example, as for this invention, it is needless to say that it can carry out with the gestalt which becomes various within limits which are not limited to such an example at all and do not deviate from the summary of this invention.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the outline of the configuration of the fuel cell system 20 which is one example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram which illustrates the outline of the configuration of the cell 31 which constitutes a fuel cell 30.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows an example of the operation control routine of the fuel cell 30 performed with the electronic control unit 60 of the fuel cell system 20 of an example.

[Drawing 4] It is the graph which shows an example of the relation between the water-flow-control ratio t when making current density of a fuel cell 30 into constant value (0.5 A/cm<sup>2</sup>), and the generated voltage in a fuel cell 30.

[Drawing 5] It is the graph which shows an example of the water-flow-control ratio t when fixing the exhaust-gas-pressure force Pa, maximum vapor tension Pwa, and the amount Qa of emission, and relation with Current I.

[Drawing 6] It is the graph which shows an example of the relation between the water-flow-control ratio t when fixing Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa, and maximum vapor tension Pwa, and the amount Qa of emission.

[Drawing 7] It is the graph which shows an example of the water-flow-control

ratio t when fixing Current I, maximum vapor tension P<sub>wa</sub>, and the amount Q<sub>a</sub> of emission, and relation with the exhaust-gas-pressure force Pa.

[Drawing 8] It is the graph which shows an example of the water-flow-control ratio t when fixing Current I, the exhaust-gas-pressure force Pa, and the amount Q<sub>a</sub> of emission, and relation with the exhaust gas temperature T<sub>a</sub>.

[Drawing 9] It is the explanatory view showing an example of the relation between the current density when putting a fuel cell 30 into operation where the water-flow-control ratio t is held to a value 1, and a generated voltage.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the outline of the configuration of fuel cell system 20B of the 2nd example.

[Drawing 11] It is the flow chart which shows an example of the operation control routine of the fuel cell 30 performed with the electronic control unit 60 of fuel cell system 20B of the 2nd example.

[Drawing 12] It is the flow chart which shows an example of the abnormality judging manipulation routine performed with the fuel cell system 20 of the 1st example, or the electronic control unit 60 of fuel cell system 20B of the 2nd example.

[Description of Notations]

20 20B A fuel cell system, 22 A hydrogen source of supply, 24 Oxygen supply,

26 27 A control-of-flow bulb, 26a, 27a Actuator, 28 29 A gas pressure control

bulb, 28a, 29a Actuator, 30 A fuel cell, 31 A cell, 32 An electrolyte membrane, 33  
Anode, 34 A cathode, 35 36 A separator, 37 Passage, 40 Cooling system, 42 A  
circulating flow way, 44 A circulating pump, 46 heat exchangers, 52 Current  
control circuit, 54 A load, 56 An ammeter, 60 An electronic control unit, 62 CPU,  
64 ROM, 66 72 RAM, 82 74 A flowmeter, 84 76 A pressure gage, 86 77 A  
thermometer, 87 79 A heater, 78, 88 thermometers, 89 A hygrometer, 90  
Indicator.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-256988

(P2001-256988A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 M 8/04  
8/10

識別記号

F I

H 01 M 8/04  
8/10

テマコード\*(参考)

K 5 H 0 2 6  
5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願2000-63852(P2000-63852)

(22)出願日

平成12年3月8日(2000.3.8)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 佐野 誠治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 濱田 仁

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

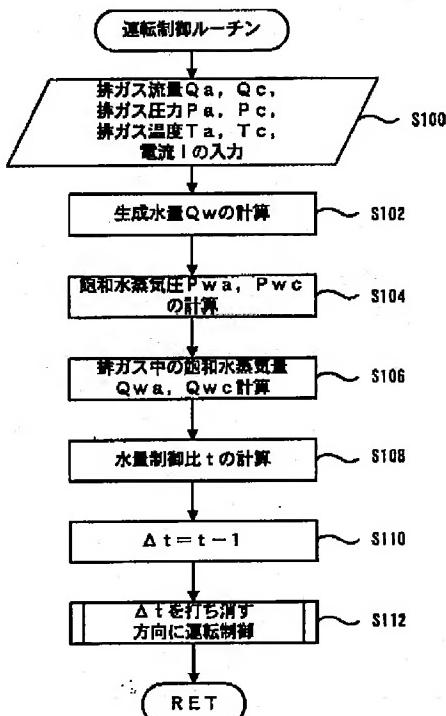
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法

(57)【要約】

【課題】 アノード側およびカソード側のガスを加湿することなく燃料電池を良好に運転する。

【解決手段】 燃料電池30の出力電流Iから燃料電池30で生成される生成水量Qwを計算すると共に(S102)、アノード側およびカソード側の排ガスの流量Qa, Qcや圧力Pa, Pc, 温度Ta, Tcに基づいて排ガス中の飽和水蒸気量Qwa, Qwcを計算する(S106)。そして、水量制御比tをt=Qw/(Qwa+Qwc)で定義し(S108)、水量制御比tと値1との偏差Δtが打ち消される方向にアノード側およびカソード側の排ガスの流量Qa, Qcや圧力Pa, Pc, 温度Ta, Tc, 電流Iを調節することにより燃料電池30の運転を制御する(S112)。この制御により、アノード側およびカソード側のガスを加湿することなく燃料電池を良好に運転することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体高分子型の燃料電池システムであつて、前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、前記燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量を検出する排ガス飽和水蒸気量検出手段と、前記生成水量検出手段により検出された生成水量の前記排ガス飽和水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算する水量制御比演算手段と、該演算された水量制御比が所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段とを備える燃料電池システム。

【請求項2】 前記生成水量検出手段は、前記燃料電池の出力電流に基づいて前記生成水量を検出する手段である請求項1記載の燃料電池システム。

【請求項3】 前記排ガス飽和水蒸気量検出手段は、前記排ガスの圧力を検出する排ガス圧力検出手段と、前記排ガスの温度を検出する排ガス温度検出手段と、前記排ガスの流量を検出する排ガス流量検出手段とを備え、該検出された排ガスの圧力と温度と流量とに基づく演算により前記排ガス中の飽和水蒸気量を検出する手段である請求項1または2記載の燃料電池システム。

【請求項4】 固体高分子型の燃料電池システムであつて、前記燃料電池の排ガスの相対湿度を検出する排ガス相対湿度検出手段と、該検出された相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段とを備える燃料電池システム。

【請求項5】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が前記所定範囲として値1を含む範囲内となるよう制御する手段である請求項1ないし4いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項6】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が前記所定範囲として0.7～1.4の範囲内となるよう制御する手段である請求項5記載の燃料電池システム。

【請求項7】 前記運転制御手段は、前記水量制御比が値1となるよう制御する手段である請求項5または6記載の燃料電池システム。

【請求項8】 請求項1ないし7いずれか記載の燃料電池システムであつて、

前記燃料電池の運転状態として、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更する状態変更手段を備え、

前記運転制御手段は、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態の変更して前記水量制御比が所定範

囲内となるよう前記状態変更手段を制御する手段である燃料電池システム。

【請求項9】 固体高分子型の燃料電池システムであつて、前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、前記燃料電池の排ガス中の水蒸気量を検出する排ガス水蒸気量検出手段と、前記生成水量検出手段により検出された生成水量と前記排ガス水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の水蒸気量とに基づいてシステムの異常を判定する異常判定手段とを備える燃料電池システム。

【請求項10】 前記異常判定手段は、前記検出された生成水量と前記排ガス中の水蒸気量との偏差が所定範囲内にないときに異常と判定する手段である請求項9記載の燃料電池システム。

【請求項11】 前記異常判定手段が異常と判定したとき、警報を出力する警報出力手段を備える請求項9または10記載の燃料電池システム。

【請求項12】 固体高分子型の燃料電池の運転方法であつて、前記燃料電池で生成される生成水量の該燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比が所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御する燃料電池の運転方法。

【請求項13】 固体高分子型の燃料電池の運転方法であつて、前記燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御する燃料電池の運転方法。

【請求項14】 前記水量制御比が0.7～1.4の範囲内となるよう制御する請求項12または13記載の燃料電池の運転方法。

【請求項15】 前記水量制御比が値1となるよう制御する請求項14記載の燃料電池の運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法に関し、詳しくは、固体高分子型の燃料電池システムおよび固体高分子型の燃料電池の運転方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の燃料電池システムとしては、運転温度を約70℃に制御することによりカソード側の加湿装置を不要とするものが提案されている（特開平11-31520）。固体高分子型の燃料電池では、温潤状態で良好なプロトン伝導性を有する固体高分子電解質膜を用いる場合が多く、固体高分子電解質膜の水分濃度が直接的に燃料電池の性能に影響を与える。このため、燃料電池に供給されるアノードガスやカソードガス

を加湿装置により加湿する場合が多い。上述の燃料電池システムでは、燃料電池を50～80℃好ましくは60～70℃の温度で運転することによりカソード側の加湿装置を不要としている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の燃料電池システムでは、カソード側の加湿装置は不要でもアノード側には加湿装置が必要であるから、システムのコンパクト化や低コスト化を十分に図ることができない。また、上述のシステムでは燃料電池を50～80℃好ましくは60～70℃の温度で運転する必要があるから、システムの始動時や過渡時などのように、その温度範囲で運転できないときには対応できない。

【0004】本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、カソード側のみならずアノード側の加湿装置を不要とすることを目的の一つとする。また、本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、システムの始動時や過渡時でも無加湿で燃料電池を運転することを目的の一つとする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の燃料電池システムおよび燃料電池の運転方法は、上述の目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を探った。

【0006】本発明の第1の燃料電池システムは、固体高分子型の燃料電池システムであって、前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、前記燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量を検出する排ガス飽和水蒸気量検出手段と、前記生成水量検出手段により検出された生成水量の前記排ガス飽和水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算する水量制御比演算手段と、該演算された水量制御比が所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段とを備えることを要旨とする。

【0007】この本発明の第1の燃料電池システムでは、水量制御比演算手段が、燃料電池で生成される生成水量の燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比を演算し、運転制御手段が、この演算された水量制御比が所定範囲内となるよう燃料電池の運転を制御する。こうした本発明の燃料電池システムによれば、水量制御比が所定範囲内となるよう燃料電池を運転することにより、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、水量制御比は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0008】こうした本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記生成水量検出手段は、前記燃料電池の出

力電流に基づいて前記生成水量を検出する手段であるものとすることもできる。また、本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記排ガス飽和水蒸気量検出手段は、前記排ガスの圧力を検出する排ガス圧力検出手段と、前記排ガスの温度を検出する排ガス温度検出手段と、前記排ガスの流量を検出する排ガス流量検出手段とを備え、該検出された排ガスの圧力と温度と流量とに基づく演算により前記排ガス中の飽和水蒸気量を検出する手段であるものとすることもできる。

【0009】本発明の第2の燃料電池システムは、固体高分子型の燃料電池システムであって、前記燃料電池の排ガスの相対湿度を検出する排ガス相対湿度検出手段と、該検出された相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう前記燃料電池の運転を制御する運転制御手段とを備えることを要旨とする。

【0010】この本発明の第2の燃料電池システムでは、運転制御手段は、排ガス相対湿度検出手段により検出された燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう燃料電池の運転を制御する。こうした本発明の第2の燃料電池システムでは、排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるように燃料電池を運転することにより、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、排ガスの相対湿度は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0011】これら本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記運転制御手段は前記水量制御比が前記所定範囲として値1を含む範囲内となるよう制御する手段であるものとしたり、前記運転制御手段は前記水量制御比が前記所定範囲として0.7～1.4の範囲内となるよう制御する手段であるものとしたり、あるいは、前記運転制御手段は前記水量制御比が値1となるよう制御する手段であるものとすることもできる。

【0012】また、本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の運転状態として前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更する状態変更手段を備え、前記運転制御手段は、前記排ガスの流量、前記排ガスの圧力、前記排ガスの温度、前記燃料電池の出力電流の少なくとも一つの状態を変更して前記水量制御比が所定範囲内となるよう前記状態変更手段を制御する手段であるものとすることもできる。水量制御比は、排ガスの流量、排ガスの圧力、排ガスの温度、燃料電池の出力電流に依存するから、これらの少なくとも一つの状態を変更することにより水量制御比を制御することができ、カソードガスもアノードガスも加湿することなく燃料電池を運転することができる。

【0013】本発明の第3の燃料電池システムは、固体高分子型の燃料電池システムであって、前記燃料電池で生成される生成水量を検出する生成水量検出手段と、前記燃料電池の排ガス中の水蒸気量を検出する排ガス水蒸気量検出手段と、前記生成水量検出手段により検出された生成水量と前記排ガス水蒸気量検出手段により検出された排ガス中の水蒸気量に基づいてシステムの異常を判定する異常判定手段とを備えることを要旨とする。

【0014】この本発明の第3の燃料電池システムでは、異常判定手段が、生成水量検出手段により検出された燃料電池で生成される生成水量と排ガス水蒸気量検出手段により検出された燃料電池の排ガス中の水蒸気量に基づいてシステムの異常を判定する。この判定は、カソードガスもアノードガスも加湿せずに運転する場合には、生成水量と排ガス中の水蒸気量はほとんど等しくなることに基づく。こうした本発明の第3の燃料電池システムによれば、システムの異常を判定することができる。

【0015】こうした本発明の第3の燃料電池システムにおいて、前記異常判定手段は、前記検出された生成水量と前記排ガス中の水蒸気量との偏差が所定範囲内ないときに異常と判定する手段であるものとすることもできる。

【0016】また、本発明の第3の燃料電池システムにおいて、前記異常判定手段が異常と判定したとき、警報を出力する警報出力手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、操作者はシステムの異常を迅速に認識することができる。

【0017】本発明の第1の燃料電池の運転方法は、固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、前記燃料電池で生成される生成水量の該燃料電池の排ガス中の飽和水蒸気量に対する比としての水量制御比が所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御することを要旨とする。

【0018】この本発明の燃料電池の運転方法によれば、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、水量制御比は排ガスの温度のみに依存するものではないから、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0019】本発明の第2の燃料電池の運転方法であって、固体高分子型の燃料電池の運転方法であって、前記燃料電池の排ガスの相対湿度を水量制御比として所定範囲内となるよう該燃料電池の運転を制御することを要旨とする。

【0020】この本発明の第2の燃料電池の運転方法によれば、カソードガスやアノードガスを加湿することなく燃料電池を運転することができる。しかも、排ガスの相対湿度は排ガスの温度のみに依存するものではないか

ら、システムの始動時や過渡時でも対応することができる。ここで、「燃料電池の排ガス」には、カソード側の排ガスとアノード側の排ガスの双方が含まれる。

【0021】これら本発明の第1または第2の燃料電池の運転方法において、前記水量制御比が0.7～1.4の範囲内となるよう制御するものとしたり、前記水量制御比が値1となるよう制御するものとすることもできる。

【0022】

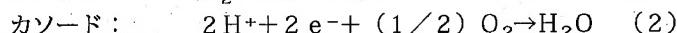
【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を実施例を用いて説明する。図1は、本発明の一実施例である燃料電池システム20の構成の概略を示す構成図である。実施例の燃料電池システム20は、図示するように、水素供給源22からの水素と酸素供給源24からの酸素とを燃料として発電する固体高分子型の燃料電池30と、この燃料電池30を冷却する冷却装置40と、燃料電池30からの電力により駆動する負荷54と、システム全体をコントロールする電子制御ユニット60とを備える。

【0023】水素供給源22は、水素を含有する水素含有ガスを燃料電池30に供給可能な供給源であり、例えば、水素が充填された水素タンクやメタノールを水蒸気改質により水素リッチガスを生成する改質器などが該当する。酸素供給源24は、酸素を含有する酸素含有ガスを燃料電池30に供給可能な供給源であり、例えば酸素含有ガスとして空気を供給するプロアなどが該当する。なお、実施例の燃料電池システム20では、水素供給源22からの水素含有ガスや酸素供給源24からの酸素含有ガスを加湿する加湿装置は設けられていない。

【0024】燃料電池30は、単電池31を複数積層して構成される固体高分子型燃料電池である。図2に燃料電池30を構成する単電池31の構成の概略を示す。単電池31は、図示するように、フッ素系樹脂などの高分子材料により形成されたプロトン導電性の膜体である電解質膜32と、白金または白金と他の金属からなる合金の触媒が練り込められたカーボンクロスにより形成され触媒が練り込められた面で電解質膜32を挟持してサンディッシュ構造を構成するガス拡散電極としてのアノード33およびカソード34と、このサンディッシュ構造を両側から挟みつつアノード33およびカソード34とで水素含有ガスや酸素含有ガスの流路36, 37を形成すると共に隣接する単電池31との間の隔壁をなす2つのセパレータ35とにより構成されている。なお、図示しないが、単電池31には、燃料電池30を冷却するための冷却媒体の流路も設けられている。

【0025】燃料電池30への水素供給源22からの水素含有ガスの供給量と酸素供給源24からの酸素含有ガスの供給量は、流量制御バルブ26, 27によって調節できるようになっており、燃料電池30内のガス圧は、排ガス側に取り付けられたガス圧制御バルブ28, 29

によって調節できるようになっている。こうして水素供給源22から水素含有ガスが流路36に供給されると共に酸素供給源24から水素含有ガスが流路37に供給されると、アノード33およびカソード34において次式



【0027】冷却装置40は、燃料電池30の単電池31に設けられた冷却媒体（例えば、水）の流路と接続されて冷却媒体を循環する循環流路42と、冷却媒体を循環流路42内で循環させる循環ポンプ44と、冷却媒体を外気で冷却する熱交換器46とを備え、燃料電池30で発生する熱を冷却媒体の介在により外気で冷却して燃料電池30の温度調節を行なえるようになっている。なお、燃料電池30の温度調節は、循環ポンプ44により循環させる冷却媒体の流量を調節することにより行なう。

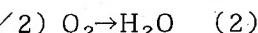
【0028】負荷54は、燃料電池30の出力端子と電流調節回路52を介して接続されており、燃料電池30により発電された電力により駆動する。なお、実施例では、負荷54としては、電動機などの駆動機器が含まれる他、二次電池なども含まれる。電流調節回路52は、負荷54に印加する電流を調節可能な回路であり、電子制御ユニット60からの制御信号によって電流値を変更する。

【0029】電子制御ユニット60は、CPU62を中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPU62の他に、処理プログラムを記憶したROM64と、一時的にデータを記憶するRAM66と、入出力ポート（図示せず）を備える。電子制御ユニット60には、燃料電池30のアノード33側の排ガス配管に設けられた流量計72、圧力計74、温度計76からのアノード側の排ガス流量Qa、排ガス圧力Pa、排ガス温度Taや、カソード34側の排ガス配管に設けられた流量計82、圧力計84、温度計86からのカソード側の排ガス流量Qc、排ガス圧力Pc、排ガス温度Tc、燃料

(1) および式(2)に示す電極反応が行なわれ、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。

#### 【0026】

(1)



電池30の出力端子に取り付けられた電流計56からの電流Iなどが入力ポートを介して入力されている。また、電子制御ユニット60からは、循環ポンプ44への駆動信号や流量制御バルブ26、27のアクチュエータ26a、27aへの駆動信号、ガス圧制御バルブ28、29のアクチュエータ28a、29aへの駆動信号、電流調節回路52への制御信号、インジケータ90への点灯信号などが出力ポートを介して出力されている。

【0030】次に、こうして構成された実施例の燃料電池システム20の動作、特に燃料電池30の運転動作について説明する。図3は、実施例の燃料電池システム20の電子制御ユニット60により実行される燃料電池30の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、燃料電池30が始動されてから所定時間毎（例えば、100 msec毎）に繰り返し実行される。

【0031】この運転制御ルーチンが実行されると、電子制御ユニット60のCPU62は、まず、流量計72、82からの排ガス流量Qa、Qcや圧力計74、84からの排ガス圧力Pa、Pc、温度計76、86からの排ガス温度Ta、Tc、電流計56からの電流Iを読み込む処理を実行する（ステップS100）。そして、読み込んだ電流Iに基づいて燃料電池30により単位時間あたりに生成される水の量、即ち生成水量Qwを次式(3)により計算する（ステップS102）。ここで、式(3)中の「F」はファラデー定数である。

【0032】

【数1】

$$Q_w = \frac{I}{2F} \quad \dots \quad (3)$$

【0033】次に、読み込んだ排ガス温度Ta、Tcを用いて次式(4)に基づいてアノード側およびカソード側の飽和蒸気圧Pwa、Pwcを計算し（ステップS104）、得られた飽和蒸気圧Pwa、Pwcと読み込んだ排ガス流量Qa、Qcと排ガス圧力Pa、Pcとを用いてアノード側およびカソード側の排ガス中の飽和水蒸気量Qwa、Qwcを式(5)により計算する（ステップS106）。なお、式(4)中、Pw(a, c)は飽

和蒸気圧としてのPwaまたはPwcを示し、T(a, c)は排ガス温度としてのTaまたはTcを示す。また、式(5)中、Qw(a, c)は排ガス中の飽和水蒸気量としてのQwaまたはQwcを示し、Q(a, c)は排ガス流量としてのQaまたはQcを示す。

【0034】

【数2】

$$P_w(a,c) = 0.4552 - 0.0004757(T(a,c) - 160)$$

$$-0.000000685(T(a,c) - 160)^2 \cdots (4)$$

$$Q_w(a,c) = \frac{P_w(a,c)}{P(a,c) - P_w(a,c)} \times Q(a,c) \cdots (5)$$

【0035】 続いて、ステップS102で計算した生成水量 $Q_w$ とステップS106で計算したアノード側およびカソード側の排ガス中の飽和水蒸気量 $Q_{wa}$ ,  $Q_{wc}$ とにより次式(6)により水量制御比 $t$ を計算すると共に(ステップS108)、水量制御比 $t$ と値1との偏差 $\Delta t$ を計算する(ステップS110)。そして、偏差 $\Delta t$ が打ち消される方向に燃料電池30を運転制御して(ステップS112)、本ルーチンを終了する。水量制御比 $t$ と燃料電池30の運転との関係について以下に説明する。

【0036】

【数3】

$$t = \frac{Q_w}{Q_{wa} + Q_{wc}} \cdots (6)$$

【0037】 図4は、燃料電池30の電流密度を一定値( $0.5\text{ A}/\text{cm}^2$ )としたときの水量制御比 $t$ と燃料電池30における発生電圧との関係の一例を示すグラフである。図中、No. 1～No. 5は、次表1の実験N

o. である。即ち、図4のグラフは、表1の実験で得られたデータをポイントし、いずれの実験にも拘わらず、水量制御比 $t$ と燃料電池30の発生電圧とに所定の関係を見いだすことができるのを説明するものである。表1における各実験は、電解質膜32として厚み $30\mu\text{m}$ のイオン交換膜を用い、アノード33とカソード34とにそれぞれ $0.3\text{ mg}/\text{cm}^2$ ,  $0.5\text{ mg}/\text{cm}^2$ となるよう触媒量を調節したものを用い、標注右欄の固定要因を設定した上で、各操作要因について適当な範囲内で操作し、30分経過したときにデータを探すことによって行なった。例えば、実験No. 1では、水素流量を $54\text{ cc}/\text{min}$ 、運転温度 $80^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$ で固定し、空気流量を $150\text{ cc}/\text{min}$ から $420\text{ cc}/\text{min}$ まで順次操作した。図4のグラフに示すように、実験No. 1では、水量制御比 $t$ が $0.4 \sim 1.2$ の範囲で5ポイントのデータが得られている。実験No. 2～5についても同様である。

【0038】

【表1】

実験No.	操作要因	固定要因
1	空気流量( $150 \rightarrow 420\text{ cc}/\text{min}$ )	水素流量 $54\text{ cc}/\text{min}$ 運転温度 $80^\circ\text{C}$ ゲージ圧 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$
2	水素流量( $54 \rightarrow 300\text{ cc}/\text{min}$ )	空気流量 $150\text{ cc}/\text{min}$ 運転温度 $80^\circ\text{C}$ ゲージ圧 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$
3	空気流量( $400 \rightarrow 1150\text{ cc}/\text{min}$ )	水素流量 $54\text{ cc}/\text{min}$ 運転温度 $60^\circ\text{C}$ ゲージ圧 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$
4	運転温度( $60 \rightarrow 80^\circ\text{C}$ ) ( $60 \rightarrow 50^\circ\text{C}$ )	水素流量 $54\text{ cc}/\text{min}$ 空気流量 $420\text{ cc}/\text{min}$ ゲージ圧 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$
5	空気流量( $180 \rightarrow 340\text{ cc}/\text{min}$ )	水素流量 $54\text{ cc}/\text{min}$ 運転温度 $80^\circ\text{C}$ ゲージ圧 $0.5\text{ kg}/\text{cm}^2$

【0039】 図4のグラフに示すように、燃料電池30の運転状態を変化させても、水量制御比 $t$ と発生電圧との間に図4のグラフに示す関係が得られる。この関係のうち、水量制御比 $t$ が $0.6$ 以下の領域では、急激に燃料電池30の性能が低下する。これは、水量制御比 $t$ の定義から考えると、電解質膜32の乾燥に起因すると思われる。一方、燃料電池30の性能は、水量制御比 $t$ が $1.4$ を超えると低下する。これは、電解質膜32の過湿によるものと考えられる。したがって、燃料電池30を水量制御比 $t$ が $0.7 \sim 1.4$ の範囲内となるよう運転すれば、良好な電池性能を確保することができる。特に、燃料電池30を水量制御比 $t$ が $1$ となるよう運転すれば、燃料電池30をより高性能な運転状態として運転することができる。以上により、図3の運転制御ルー

チンにおけるステップS110, S112で水量制御比 $t$ と値1との偏差 $\Delta t$ が打ち消される方向に燃料電池30を運転制御する理由を説明した。次に実際の運転制御について説明する。

【0040】 いま、アノード側とカソード側を完全に同じ条件で運転するものと仮定すれば、即ち $Q_a = Q_c$ ,  $P_a = P_c$ ,  $T_a = T_c$ と仮定すれば、 $P_w a = P_w c$ となるから、この仮定の下では、水量制御比 $t$ は、式(6)に式(3)と式(5)を代入することにより式(7)で表わされる。

【0041】

【数4】

$$t = \frac{I/2F \times (P_a + P_{wa})}{2P_{wa}Q_a} \quad \dots \quad (7)$$

【0042】この関係から排ガス圧力  $P_a$ 、飽和蒸気圧  $P_{wa}$ 、排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は電流  $I$  に比例するから、図5に例示する水量制御比  $t$  と電流  $I$  との関係が得られる。また、電流  $I$ 、排ガス圧力  $P_a$ 、飽和蒸気圧  $P_{wa}$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は排ガス流量  $Q_a$  に反比例するから、図6に例示する水量制御比  $t$  と排ガス流量  $Q_a$  との関係が得られる。同様に、電流  $I$ 、飽和蒸気圧  $P_{wa}$ 、排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は排ガス圧力  $P_a$  に比例するから、図7に例示する水量制御比  $t$  と排ガス圧力  $P_a$  との関係が得られる。電流  $I$ 、排ガス圧力  $P_a$ 、排ガス流量  $Q_a$  を固定すれば、水量制御比  $t$  は飽和蒸気圧  $P_{wa}$  に反比例する。飽和蒸気圧  $P_{wa}$  は排ガス温度  $T_a$  の2次の関数であるから、水量制御比  $t$  は排ガス温度  $T_a$  の3乗に反比例することになり、図8に例示する水量制御比  $t$  と排ガス温度  $T_a$  との関係が得られる。したがって、電流  $I$ 、排ガス圧力  $P_a$ 、排ガス流量  $Q_a$ 、排ガス温度  $T_a$  のいずれかを調節することにより水量制御比  $t$  を調節することができる。もちろん、電流  $I$ 、排ガス圧力  $P_a$ 、排ガス流量  $Q_a$ 、排ガス温度  $T_a$  の2つ以上を調節することによっても水量制御比  $t$  を調節することができる。これらの関係はアノード側とカソード側を完全に同じ条件で運転するものと仮定したときに成立するが、この関係の傾向はアノード側およびカソード側がそれ各自立ても成立する。

【0043】したがって、図3の運転制御ルーチンのステップS112における燃料電池30の運転制御は、電流  $I$ 、排ガス圧力  $P_a$ 、 $P_c$ 、排ガス流量  $Q_a$ 、 $Q_c$ 、排ガス温度  $T_a$ 、 $T_c$  の一つあるいは二つ以上を調節することによって行なうことができる。実際にどの要素を調節するかについては、燃料電池30の運転状態や負荷54の駆動状態によって定めればよい。例えば、負荷54に印加する電流  $I$  を変化させたくないときには、電流  $I$  以外の要素により調節すればよい。燃料電池30の始動時における制御では、図9に例示するように、排ガス温度  $T_a$ 、 $T_c$  の上昇に伴って水量制御比  $t$  が値1となるように電流  $I$  を調節すればよい。図9から解るように、この制御により燃料電池30はスムースに始動している。

【0044】なお、各要素の調節は以下のように行なうことができる。電流  $I$  の調節は電流調節回路52により行なうことができ、排ガス圧力  $P_a$ 、 $P_c$  の調節はガス圧制御バルブ28、29の開度の調節により行なうことができる。また、排ガス流量  $Q_a$ 、 $Q_c$  の調節は流量制御バルブ26、27の開度の調節により行なうことができ、排ガス温度  $T_a$ 、 $T_c$  の調節は循環ポンプ44による冷却媒体の流量の調節により行なうことができる。し

たがって、燃料電池30の運転状態や負荷54の駆動状態に応じて電流調節回路52や流量制御バルブ26、27、ガス圧制御バルブ28、29、循環ポンプ44を駆動制御すればよい。

【0045】以上説明した実施例の燃料電池システム20によれば、水量制御比  $t$  に基づいて水素含有ガスや酸素含有ガスを加温することなく燃料電池30を良好な状態で運転制御することができる。即ち、水量制御比  $t$  を0.7～1.4の範囲内で制御し、好ましくは水量制御比  $t$  が値1となるよう制御することにより、燃料電池30を高性能な状態で運転することができる。

【0046】実施例の燃料電池システム20では、図3の運転制御ルーチンにおいて生成水量  $Q_w$  を計算し、飽和蒸気圧  $P_{wa}$ 、 $P_{wc}$  を計算し、排ガス中の飽和水蒸気量  $Q_{wa}$ 、 $Q_{wc}$  を計算し、更にこれらを用いて水量制御比  $t$  を計算するものとしたが、直ちに水量制御比  $t$  を計算するものとしてもよい。

【0047】実施例の燃料電池システム20では、水量制御比  $t$  と値1との偏差  $\Delta t$  が打ち消される方向に燃料電池30の運転を制御するものとしたが、水量制御比  $t$  が0.7～1.4の範囲内になるよう燃料電池30を運転制御するものとしてもよい。

【0048】次に、本発明の第2の実施例としての燃料電池システム20Bについて説明する。図10は、第2実施例の燃料電池システム20Bの構成の概略を示す構成図である。第2実施例の燃料電池システム20Bは、図示するように、アノード側およびカソード側の排ガスを加熱する加熱器77、87を備える点、加熱された排ガスの温度  $T_{ha}$ 、 $T_{hc}$  を検出する温度計78、88を備える点、加熱された排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ 、 $\rho_{hc}$  を検出する湿度計79、89を備える点を除いて第1実施例の燃料電池システム20と同一の構成をしている。説明の重複を省くために、第2実施例の燃料電池システム20Bの構成のうち第1実施例の燃料電池システム20と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。なお、第2実施例の燃料電池システム20Bが備える加熱器77、87は、排ガス配管に取り付けられたリボンヒータとして構成されている。

【0049】こうして構成された第2実施例の燃料電池システム20Bでは、電子制御ユニット60により図11に例示する運転制御ルーチンが実行される。このルーチンが実行されると、電子制御ユニット60のCPU62は、まず、流量計72、82からの排ガス流量  $Q_a$ 、 $Q_c$  や圧力計74、84からの排ガス圧力  $P_a$ 、 $P_c$ 、温度計76、86からの排ガス温度  $T_a$ 、 $T_c$ 、温度計78、88からの加熱後の排ガス温度  $T_{ha}$ 、 $T_{hc}$ 、湿度計79、89からの加熱後の排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ 、 $\rho_{hc}$ 、電流計56からの電流  $I$  を読み込む処理を実行する（ステップS200）。そして、読み込んだ加熱後の排ガスの相対湿度  $\rho_{ha}$ 、 $\rho_{hc}$  を排ガス温度  $T$

a, Tcにおける相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ に変換する処理を行なう(ステップS202)。ここで、加熱器71, 81により排ガスを加熱して相対湿度 $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$ を検出し、これらを排ガス温度Ta, Tcにおける相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ に変換するのは、排ガス中の水量が飽和水蒸気量を超えて霧状になっている場合を検出するためである。即ち、加熱により霧状の水を気化して相対湿度として検出するためである。このため、変換された排ガス温度Ta, Tcにおける相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ は100%を超える値となる場合もある。

【0050】次に、変換した排ガス温度Ta, Tcにおける相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ を水量制御比tに変換する(ステップS204)。いま、アノード側とカソード側が同じ条件で運転されており $\rho_a = \rho_b$ が成立するときを考える。水素供給源22から供給される水素含有ガスや酸素供給源24から供給される酸素含有ガスを加湿装置により加湿しないときには、生成される水は排ガス中の水蒸気として排出されるから、生成水量Qwは排ガス中の水蒸気量に等しくなる。相対湿度は排ガス中のその温度における飽和水蒸気量に対する水蒸気量であり、水量制御比tは排ガス中の飽和水蒸気量に対する生成水量Qwであるから、無加湿運転の場合に生成水量Qwと排ガス中の水蒸気量が等しいことを考慮すると、水量制御比tは相対湿度に等しくなる。したがって、ステップS204における相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ の水量制御比tへの変換は、相対湿度 $\rho_a$ ,  $\rho_c$ を流量比で分配して加えればよい。即ち、次式(8)により計算すればよい。

【0051】

【数5】

$$t = \frac{\rho_a Q_a + \rho_c Q_c}{Q_a + Q_c} \quad \dots (8)$$

【0052】水量制御比tを計算すると、水量制御比tと値1との偏差 $\Delta t$ を計算し(ステップS206)、偏差 $\Delta t$ が打ち消される方向に燃料電池30を運転制御して(ステップS208)、本ルーチンを終了する。偏差 $\Delta t$ が打ち消される方向に燃料電池30を運転制御する理由については前述した。

【0053】以上説明した第2実施例の燃料電池システム20Bによれば、燃料電池30の排ガスの相対湿度に基づいて水素含有ガスや酸素含有ガスを加湿することなく燃料電池30を良好な状態で運転制御することができる。即ち、相対湿度を水量制御比tとして0.7~1.4の範囲内で制御し、好ましくは水量制御比tが値1(相対湿度が100%)となるよう制御することにより、燃料電池30を高性能な状態で運転することができる。

【0054】前述したように、水素含有ガスや酸素含有ガスを加湿することなく燃料電池30を運転するときには、生成水量Qwと排ガス中の水蒸気量Qgは等しくな

る。したがって、生成水量Qwと水蒸気量Qgとを比較し、その大小によりシステムの異常を判定することもできる。図12に第1実施例の燃料電池システム20や第2実施例の燃料電池システム20Bの電子制御ユニット60により実行される異常判定処理ルーチンの一例を示す。

【0055】この異常判定処理ルーチンが実行されると、電子制御ユニット60のCPU62は、まず、排ガス流量Qa, Qcや排ガス圧力Pa, Pc, 排ガス温度Ta, Tc, 加熱後の排ガス温度Tha, Thc, 加熱後の相対湿度 $\rho_{ha}$ ,  $\rho_{hc}$ , 電流Iを読み込み(ステップS300)、生成水量Qwを計算すると共に(ステップS302), 水蒸気量Qgを計算する(ステップS304)。そして、生成水量Qwと水蒸気量Qgと偏差 $\Delta Q$ を計算し(ステップS306)、偏差 $\Delta Q$ の絶対値を閾値Qrefと比較する(ステップS308)。ここで、閾値Qrefは生成水量Qwと水蒸気量Qgとの偏差に対して許容できる範囲として設定されるものであり、燃料電池30の規模や種類などにより定められる。

【0056】偏差 $\Delta Q$ の絶対値が閾値Qrefより大きいときには、異常と判定してインジケータ90を点灯し(ステップS310)、偏差 $\Delta Q$ の絶対値が閾値Qref以下の中には、異常なしと判断して本ルーチンを終了する。ここで、生成水量Qwが水蒸気量Qgより大きくて偏差 $\Delta Q$ の絶対値が閾値Qrefより大きくなったりには、配管などから水漏れが生じていたり、計器類が破損している場合が多い。また、生成水量Qwが水蒸気量Qgより小さくて偏差 $\Delta Q$ の絶対値が閾値Qrefより大きくなったりには、計器類が破損している場合が多い。実施例の異常判定処理ルーチンでは、こうした異常を判定し、異常と判定したときにはインジケータ90を点灯して運転者に異常を知らせるのである。このように実施例の異常判定処理ルーチンでは、生成水量Qwと水蒸気量Qgとに基づいてシステムの異常を判定することができる。しかも、異常のときにはインジケータ90を点灯するから、運転者はシステムの異常を迅速に知ることができる。

【0057】実施例の異常判定処理ルーチンでは、生成水量Qwと水蒸気量Qgの偏差 $\Delta Q$ の絶対値を閾値Qrefと比較したが、偏差 $\Delta Q$ を正の値の閾値と負の値の閾値と比較するものとしてもよい。この場合、正の値の閾値の大きさと負の値の閾値の大きさは同じでなくとも差し支えない。

【0058】以上、本発明の実施の形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例である燃料電池システム2

0の構成の概略を示す構成図である。

【図2】 燃料電池30を構成する単電池31の構成の概略を例示する構成図である。

【図3】 実施例の燃料電池システム20の電子制御ユニット60により実行される燃料電池30の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図4】 燃料電池30の電流密度を一定値(0.5 A / cm<sup>2</sup>)としたときの水量制御比tと燃料電池30における発生電圧との関係の一例を示すグラフである。

【図5】 排ガス圧力P<sub>a</sub>、飽和蒸気圧P<sub>w a</sub>、排ガス流量Q<sub>a</sub>を固定したときの水量制御比tと電流Iとの関係の一例を示すグラフである。

【図6】 電流I、排ガス圧力P<sub>a</sub>、飽和蒸気圧P<sub>w a</sub>を固定したときの水量制御比tと排ガス流量Q<sub>a</sub>との関係の一例を示すグラフである。

【図7】 電流I、飽和蒸気圧P<sub>w a</sub>、排ガス流量Q<sub>a</sub>を固定したときの水量制御比tと排ガス圧力P<sub>a</sub>との関係の一例を示すグラフである。

【図8】 電流I、排ガス圧力P<sub>a</sub>、排ガス流量Q<sub>a</sub>を固定したときの水量制御比tと排ガス温度T<sub>a</sub>との関係の一例を示すグラフである。

【図9】 水量制御比tを1に保持した状態で燃料電池30を始動したときの電流密度と発生電圧との関係の一例を示す説明図である。

【図10】 第2実施例の燃料電池システム20Bの構成の概略を示す構成図である。

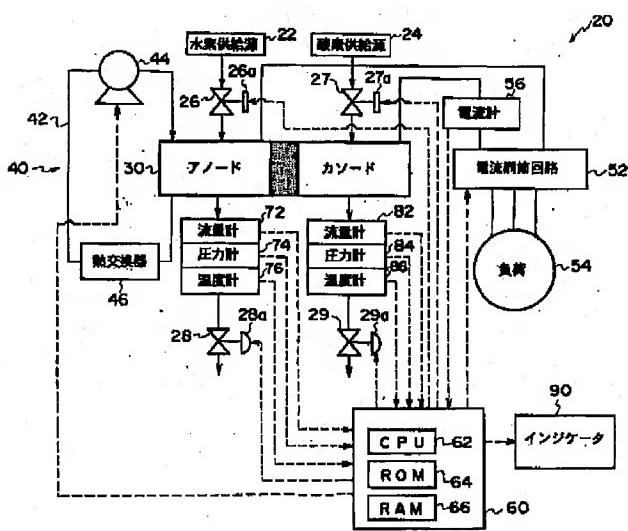
【図11】 第2実施例の燃料電池システム20Bの電子制御ユニット60により実行される燃料電池30の運転制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図12】 第1実施例の燃料電池システム20や第2実施例の燃料電池システム20Bの電子制御ユニット60により実行される異常判定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

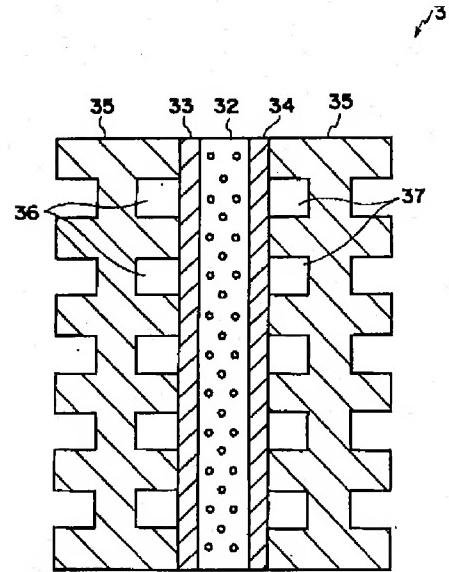
#### 【符号の説明】

20, 20B 燃料電池システム、22 水素供給源、24 酸素供給源、26, 27 流量制御バルブ、26a, 27a アクチュエータ、28, 29 ガス圧制御バルブ、28a, 29a アクチュエータ、30 燃料電池、31 単電池、32 電解質膜、33 アノード、34 カソード、35 セパレータ、36, 37 流路、40 冷却装置、42 循環流路、44 循環ポンプ、46 熱交換器、52 電流調節回路、54 負荷、56 電流計、60 電子制御ユニット、62 CPU、64 ROM、66 RAM、72, 82 流量計、74, 84 壓力計、76, 86 温度計、77, 87 加熱器、78, 88 温度計、79, 89 温度計、90 インジケータ。

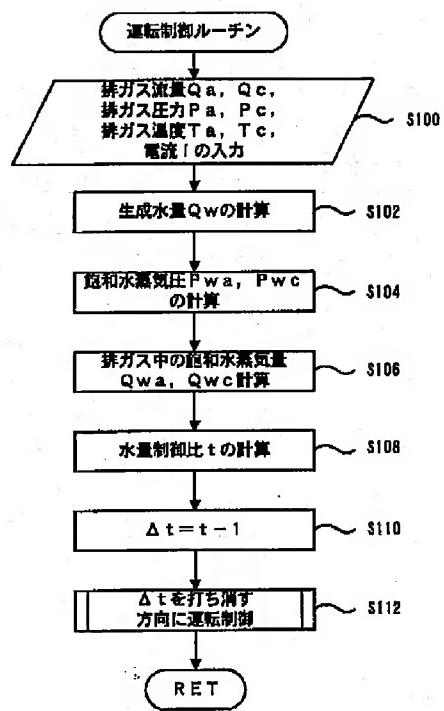
【図1】



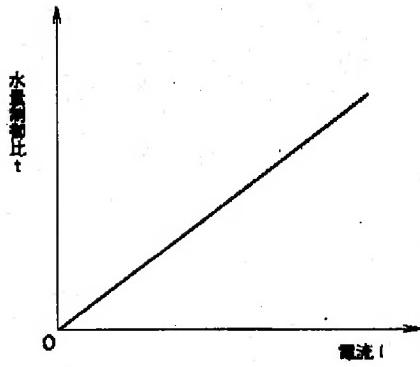
【図2】



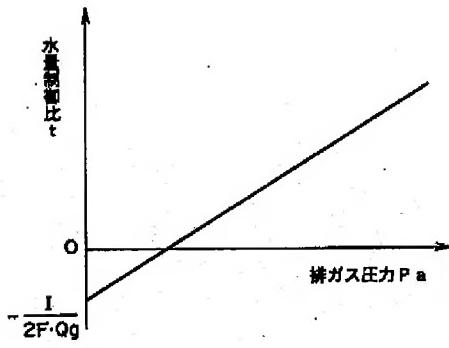
【図3】



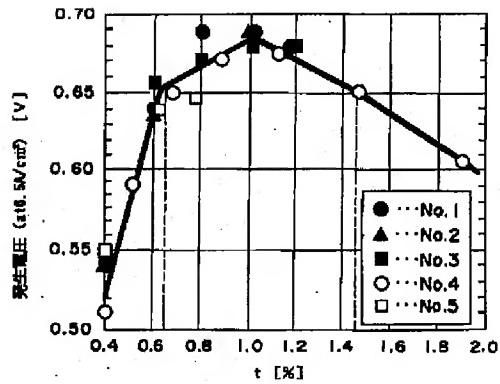
【図5】



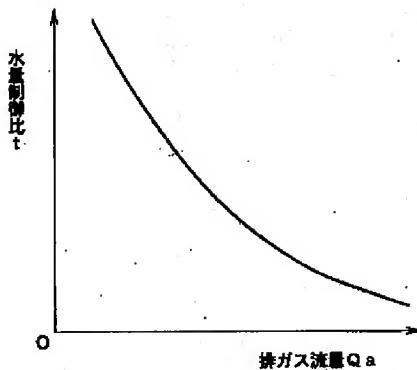
【図7】



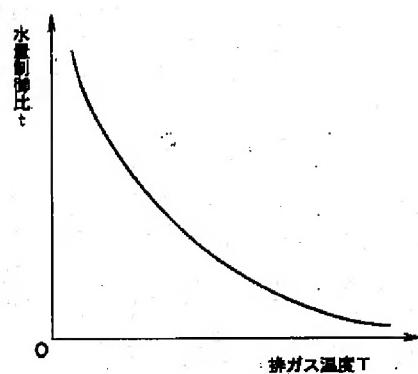
【図4】



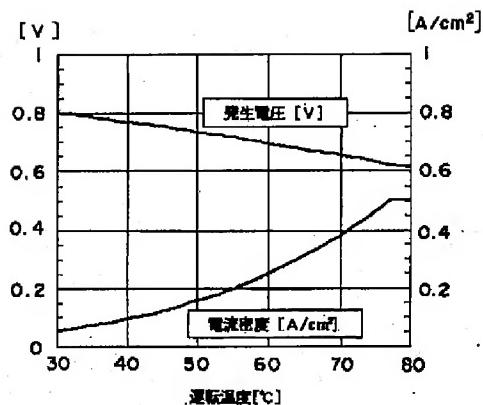
【図6】



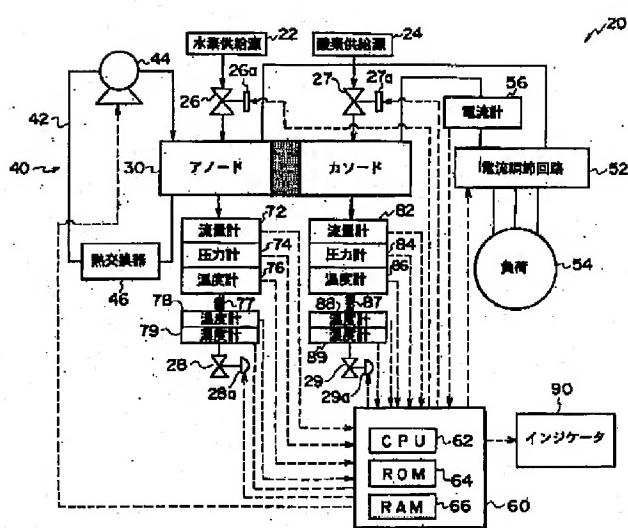
【図8】



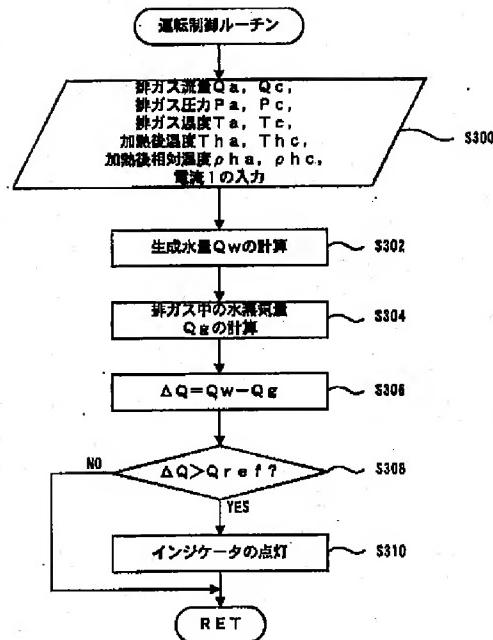
【図9】



【図10】



【図12】



## フロントページの続き

(72)発明者 津兼 堂秀  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 松本 信一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC03  
5H027 AA06 BA01 BA13 CC06 KK00  
KK03 KK06 KK23 KK26 KK44  
KK56